

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
26. Mai 2011 (26.05.2011)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/061069 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01N 15/06 (2006.01) G01N 21/53 (2006.01)
G01N 1/22 (2006.01) F23N 5/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/066890

(22) Internationales Anmeldedatum:
5. November 2010 (05.11.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
20 2009 015 777.6
19. November 2009 (19.11.2009) DE
10 2009 055 023.2
18. Dezember 2009 (18.12.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **VERETA GMBH** [DE/DE]; Hansestraße 6,
37574 Einbeck (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **RENGSHAUSEN,
Detlef** [DE/DE]; Allerbachstraße 28a, 37586 Dassel
(DE). **LÖDDING, Hubert** [DE/DE]; Am Sülterberg 19,
31275 Lehrte (DE). **DUNKHORST, Wilhelm** [DE/DE];
Loccumer Straße 20, 32469 Petershagen (DE). **KOCH,**

Wolfgang [DE/DE]; Wendenborsteler Straße 35, 31634
Steimbke (DE). **WEBER, Alfred P.** [DE/DE]; Ampfer-
weg 6, 38678 Clausthal-Zellerfeld (DE). **QI, Fei**
[CN/DE]; Altenauer Straße 10, 38678 Clausthal-Zeller-
feld (DE).

(74) Anwalt: **EISENFÜHR SPEISER & PARTNER**; Johan-
nes-Brahms-Platz 1, 20355 Hamburg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG,
NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE FOR MEASURING THE MASS CONCENTRATION OF FINE DUST PRESENT IN THE EXHAUST
GAS OF SOLID-FUEL COMBUSTION DEVICES

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG ZUR MESSUNG DER MASSENKONZENTRATION VON IM ABGAS VON FEST-
STOFFVERBRENNUNGSVORRICHTUNGEN VORHANDENEM FEINSTAUB

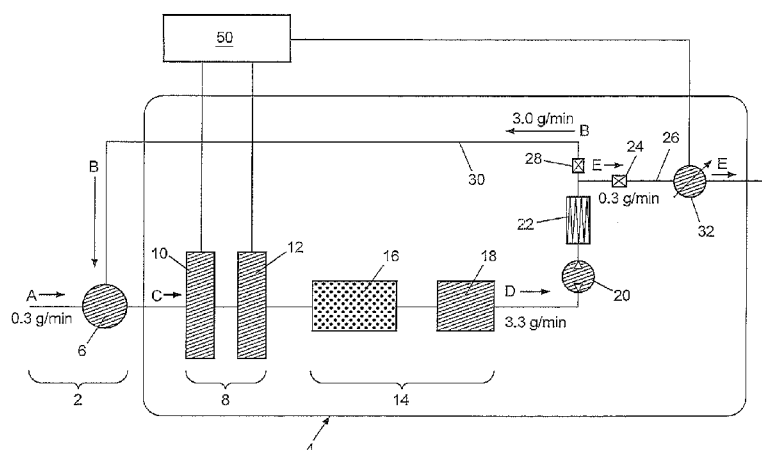


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a device for measuring the mass concentration of fine dust present in the exhaust gas of solid-fuel combustion devices, having at least one aerosol sensor arrangement (8) and an analysis device (50) to which the aerosol sensor arrangement (8) is connected. According to the invention, the aerosol sensor arrangement (8) comprises at least two sensors (10, 12), of which the one sensor (10) is at least one aerosol scattered light sensor and the other sensor (12) is at least one aerosol photoemission sensor, and the analysis device (50) substantially simultaneously uses and analyzes the signals from the sensors (10, 12) of the aerosol sensor arrangement (8) for determining the mass concentration.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2011/061069 A1



IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderun-
gen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

Gegenstand der Anmeldung ist eine Vorrichtung zur Messung der Massenkonzentration von im Abgas von Feststoffverbrennungs-
vorrichtungen vorhandenem Feinstaub, mit mindestens einer Aerosolsensoranordnung (8) und einer Auswerteeinrichtung (50), an
die die Aerosolsensoranordnung (8) angeschlossen ist. Das Besondere der Erfindung besteht darin, dass die Aerosolsensoranord-
nung (8) mindestens zwei Sensoren (10, 12) aufweist, von denen der eine Sensor (10) mindestens ein Aerosolstreulichtsensor und
der andere Sensor (12) mindestens ein Aerosolfotoemissionssensor ist, und die Auswerteeinrichtung (50) die Signale von den
Sensoren (10, 12) der Aerosolsensoranordnung (8) zur Ermittlung der Massenkonzentration im Wesentlichen gleichzeitig verwen-
det und auswertet.

Vorrichtung zur Messung der Massenkonzentration von im Abgas von Feststoffverbrennungsvorrichtungen vorhandenem Feinstaub

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Messung der Massenkonzentration von im Abgas von Feststoffverbrennungsvorrichtungen vorhandenem Feinstaub, mit mindestens einer Aerosolsensoranordnung und einer Auswerteeinrichtung, an die die Sensoranordnung angeschlossen ist.

5

Bedingt durch die Preisentwicklung auf dem Markt für Heizöl und Erdgas ist eine starke Zunahme der Verbrennung von Biomasse wie Holz- und Strohpellets, Hackschnitzel etc. zu verzeichnen und auch weiterhin zu erwarten. Nach amtlichen Angaben ist die Feinstaubemission aus Vorrichtungen und Anlagen, in
10 denen Feststoffe verbrannt werden und die mehr als 15 kW Nennwärmeleistung aufweisen, zu mindestens 90 % auf die Verwendung von Holzbrennstoffen zurückzuführen. Aus Umweltsicht ist die Nutzung regenerativer, CO₂-neutraler Energie zu begrüßen. Allerdings sollte der klimarelevante Umweltnutzen nicht
15 einhergehen mit einer gleichzeitigen zusätzlichen Gesundheitsbelastung für die Bevölkerung durch möglicherweise beträchtliche Feinstaubemissionen, die zu einer Erhöhung der Feinstaubkonzentration in der Atemluft des Menschen führt.

Für diese gelten seit einigen Jahren amtliche oder gesetzliche Grenzwerte. So darf beispielsweise in der Europäischen Union der Wert 40 Mikrogramm Feinstaub pro Kubikmeter Luft im Jahresmittel nicht überschritten werden, wobei an
5 höchstens 35 Tagen im Jahr ein Wert von 50 Mikrogramm Feinstaub (Tagesmittel) überschritten werden darf.

Für die Zukunft ist zu erwarten, dass bei Holzfeuerungsanlagen unter anderem die Leistungsgrenze für überwachungspflichtige Anlagen reduziert und die Emissionsgrenzwerte für CO und Staub sogar deutlich reduziert werden sollen. Dies
10 wird zu einem starken Anstieg der Zahl der Anlagen führen, die hinsichtlich ihrer Staubemission vom Schornsteinfeger zu überprüfen bzw. vom Heizungsfachmann einzustellen sind.

15 Vor diesem Hintergrund sind einfache, kostengünstige Messverfahren zur Vor-Ort-Bestimmung des Staubgehalts im Abgas wünschenswert.

Bei Ölheizungen wird für die Bestimmung der Russmassenkonzentration im Abgasstrom das so genannte Bosch-Zahlverfahren eingesetzt. Es beruht auf der
20 Auswertung des Schwärzungsgrades eines Filterpapiers nach Beaufschlagung mit einem definierten Abgasvolumen. Das Bosch-Zahlverfahren kann bei Feststoffverbrennungsvorrichtungen nicht eingesetzt werden, weil es nur auf Russpartikel anspricht. Diese machen bei Holzfeuerungsanlagen anders als bei Ölheizungen nicht den Hauptbestandteil der Massenemission aus.

25 Ein bekanntes alternatives Verfahren basiert auf dem Anstieg des Druckabfalls eines Filters mit zunehmender Staubbeladung. Hier wird dem Abgas kontinuierlich ein Teilstrom entnommen und über einen beheizten Filter geleitet. Der Druckabfall über dem Filter wird während der Probenahme kontinuierlich gemessen. Als gravierender Nachteil erwies sich im Praxistest die nicht eindeutige
30 Korrelation der beiden Größen (Druckabfall und Massenkonzentration) unter realistischen Feldbedingungen. Weiterhin könnte es bei erheblich reduzierten

Grenzwerten zu Problemen der Nachweisempfindlichkeit des Verfahrens kommen.

Weitere bekannte indirekte Verfahren beruhen auf der Lichtstreuungseigenschaft luftgetragener Partikel. Geräte, die Lichtextinktion oder Lichtstreuung am Partikelkollektiv im Abgas ausnutzen, werden seit langer Zeit für die kontinuierliche, stationäre Überwachung von Großfeuerungsanlagen eingesetzt. Diese Geräte sind in der Regel in den das Abgas führenden Kanal integriert. Zur Umrechnung der optischen Signale in Massenkonzentrationen wird ein anlagenspezifischer, konstanter Kalibrierfaktor, der hauptsächlich von der Korngrößenverteilung des Staubes abhängt, verwendet. Bei der Vermessung unterschiedlicher Verbrennungsvorrichtungen, wie Stückholzofen, Pelletofen etc. und wechselnden Verbrennungszuständen ist von unterschiedlichen Partikelgrößen und daher auch hier von einer starken situationsbedingten Variation des Kalibrierfaktors auszugehen.

Zu den bekannten optischen Verfahren zählen auch die Einzelpartikelzählverfahren. Hier werden die Partikel in einer kontinuierlichen Abgasprobe einzeln gezählt und durch Vermessen des Streulichtpulses größenklassiert. Aus Partikelgröße und -zahl kann dann die Massenkonzentration berechnet werden. Bei tragbaren Geräten ist die untere Detektionsgrenze bei Partikeln mit Durchmessern von ca. 0,3 μm zu sehen. Messungen mit aufwendigen Laborgeräten an Holzverbrennungsanlagen zeigen jedoch, dass die meisten Partikel kleiner als 0,2 μm sind und daher durch die optischen Partikelzähler nicht erfasst werden.

Zur Charakterisierung von Aerosolen aus Verbrennungsprozessen eignet sich auch das Verfahren der Photoemission. Hier wird die Aerosoloberfläche im Abgas durch UV-Licht ionisiert. Die Ladungskonzentration des Aerosols wird anschließend mit einem Elektrometer gemessen. Bei der Photoemission bestimmen die in Verbrennungsprozessen immer vorhandenen polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK), die sich an die Aerosoloberfläche anlagern, das Signal. Daher hängt der Umrechnungsfaktor des elektrischen Signals auf Werte der Massenkonzentration sowohl von der Partikelgrößenverteilung als auch von

der chemische Zusammensetzung des Aerosols ab. Es ist auch hier von großen Schwankungen je nach Abgassituation auszugehen.

Als direkte Verfahren zur Massenkonzentrationsmessung haben sich in der Umweltmesstechnik das beta-Strahlenabsorptionsverfahren und das Schwingfilterverfahren etabliert. Ersteres kommt für mobilen, standortungebundenen Einsatz nicht in Frage, da es eine radioaktive Quelle zur Erzeugung von beta-Strahlen verwendet. Das Schwingfilterverfahren (TEOM: tapered element oscillating micro balance) verlangt eine hochgenaue Temperierung der Sensorik und des zugeführten Messgutes, was sich unter praktischen Gesichtspunkten als Nachteil erweisen kann.

Diskontinuierliche gravimetrische Filterverfahren scheiden ebenfalls aus, weil eine Auswertung der Filterbelegung vor Ort durch Wägung nicht möglich ist.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art derart zu verbessern, dass sich auf genaue und zugleich einfachere Weise die Massenkonzentration von im Abgas von Feststoffverbrennungsvorrichtungen vorhandenem Feinstaub ermitteln lässt, indem insbesondere der Einfluss der Partikelgrößenverteilung auf die Auswertung reduziert wird, wodurch die Verwendung der Vorrichtung vor Ort und somit auch in einer tragbaren Ausführung möglich wird.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird vorgeschlagen eine Vorrichtung zur Messung der Massenkonzentration von im Abgas von Feststoffverbrennungsvorrichtungen vorhandenem Feinstaub, mit mindestens einer Aerosolsensoranordnung und einer Auswerteeinrichtung, an die die Aerosolsensoranordnung angeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Aerosolsensoranordnung mindestens zwei Sensoren aufweist, von denen der eine Sensor mindestens ein Aerosolstreulichtsensor und der andere Sensor mindestens ein Aerosolfotoemissionssensor ist, und die Auswerteeinrichtung die Signale von den Sensoren der Aerosolsensoranordnung zur Ermittlung der Massenkonzentration im Wesentlichen gleichzeitig verwendet und auswertet.

Die Grundlage der Erfindung ist die Kombination von Aerosolphotoemission und Aerosolstreulichtphotometrie zur Messung der Massenkonzentration des Feinstaubes im Abgas von Feststofffeuerungsanlagen. Hierbei werden die unterschiedlichen Abhängigkeiten der Signale von der Partikelgröße ausgenutzt und damit der Einfluss der Partikelgrößenverteilung auf die Umrechnung erheblich reduziert.

Bei der Ausnutzung der Signale von dem mindestens einen Aerosolstreulichtsensor und dem mindestens einen Aerosolfotoemissionssensor der Aerosolsensoranordnung ist zu erwarten, dass die gegenläufigen Charakteristiken der Sensitivität bei Variation des mittleren Partikeldurchmessers die Etablierung einer einheitlichen Umrechnungsprozedur erlauben und die daraus ermittelten Kalibrierparameter dann nicht mehr stark von der Größenverteilung des Messgutes abhängen. Damit kann dann auf eindeutige Weise eine für Holzverbrennungsprozesse allgemein gültige Zuordnung des Rechenwertes aus den elektrischen Signalen zur Aerosolmassenkonzentration getroffen werden.

Die Erfindung ermöglicht ein tragbares Verfahren zur Messung der Massenkonzentration des im Abgas von Feststoffverbrennungsvorrichtungen vorhandenen Feinstaubes. Hierbei wird dem Abgasrohr kontinuierlich ein kleiner Abgasteilstrom entnommen und zwei auf unterschiedlichen Messprinzipien (Aerosolphotoemission und Aerosolstreulichtphotometrie) beruhenden Staubsensoren zugeführt. Aus den Messsignalen wird die Massenkonzentration des Feinstaubes im Abgasstrom berechnet. Das Verfahren kann angewendet werden für die Überwachung von Emissionsgrenzwerten von feinstauberzeugenden Verbrennungsvorrichtungen, die Einstellung der Anlagen für eine optimale Verbrennung sowie prinzipiell auch für eine kontinuierliche Anlagensteuerung.

Bevorzugte Ausführungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

So sind bevorzugt die Sensoren der Aerosolsensoranordnung in Reihe hintereinander geschaltet, wobei insbesondere der mindestens eine Aerosolphotoemissionssensor stromabwärts hinter dem mindestens einen Aerosolstreulichtsensor angeordnet ist.

5

Um den Massestrom von Partikeln zu befreien, sollte ein entsprechender Partikelfilter vorgesehen sein, wobei zweckmäßigerweise entweder der Partikelfilter stromabwärts hinter der Aerosolanordnung angeordnet ist oder der stromabwärts letzte Sensor der Aerosolsensoranordnung zusätzlich den Partikelfilter aufweist.

10 Vorzugsweise weist der Partikelfilter eine Ionisierungseinrichtung, insbesondere eine Ultraviolettlampe, zur Oberflächenionisation der Partikel und eine elektrisch entgegengesetzt geladene Partikel auffangeinrichtung, vorzugsweise ein Faraday'scher Käfig, zum Auffangen und Abscheiden der Partikel auf. Zweckmäßigerweise kann der Partikelfilter in mindestens einen Aerosolphotoemissionssensor integriert sein, dessen Lichtquelle gleichzeitig als Ionisationseinrichtung
15 vorgesehen ist.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführung weist die Aerosolsensoranordnung zwei Aerosolstreulichtsensoren auf, deren Polarisationsrichtungen etwa rechtwinklig zueinander orientiert sind, wobei vorzugsweise die Polarisationsrichtung
20 des einen Aerosolstreulichtsensors etwa parallel zur optischen Ebene, die durch den Strahlengang des von einer Lichtquelle einfallenden Lichtes und den Strahlengang des zu einem Detektor gestreuten Lichtes aufgespannt ist, orientiert ist. Mit dieser Maßnahme erhält man eine zusätzliche Information über die Partikelgrößen, und zwar insbesondere im Partikelgrößenbereich kleiner als $0,2\ \mu\text{m}$.
25

Vorzugsweise werden in der Auswerteeinrichtung die Signale von den Sensoren der Aerosolsensoranordnung, insbesondere linear, überlagert und zweckmäßigerweise miteinander addiert.

30

Stromabwärts hinter der Aerosolsensoranordnung kann eine, vorzugsweise Silikagel enthaltende, Wärmedampfabsorptionseinrichtung und/oder eine, vorzugsweise Aktivkohle enthaltende, Absorptionseinrichtung zur Absorption von

gasförmigen Kohlenwasserstoffen und/oder Säuren vorgesehen sein. Sofern beide Absorptionseinrichtungen Verwendung finden, ist bevorzugt die Absorptionseinrichtung zur Absorption von gasförmigen Kohlenwasserstoffen und/oder Säuren stromabwärts hinter der Wasserdampfabsorptionseinrichtung vorzusehen. Die Absorptionseinrichtung kann mindestens eine Kartusche aufweisen oder aus mindestens einer Kartusche bestehen, wodurch insbesondere der Austausch des Absorptionsmittels einfach realisieren lässt.

Vorzugsweise ist stromabwärts von der Aerosolsensoranordnung eine Pumpe vorgesehen.

Eine weitere bevorzugte Ausführung zeichnet sich dadurch aus, dass stromaufwärts vor der Aerosolsensoranordnung eine Konditionierungseinrichtung, die einen ersten Eingang zur Aufnahme eines Probenahmestromes, einen zweiten Eingang und einen zur Aerosolsensoranordnung führenden Ausgang aufweist, und stromabwärts hinter der Aerosolsensoranordnung eine Aufteilungseinrichtung, die einen mit dem Ausgang der Aerosolsensoranordnung verbundenen Eingang, einen ersten in die Umgebung führenden Ausgang und einen zum zweiten Eingang der Konditionierungseinrichtung führenden zweiten Ausgang aufweist, vorgesehen ist, wobei die Aufteilungseinrichtung den Massestrom in einem vorgegebenen Verhältnis auf ihre beiden Ausgänge verteilt.

Die vorgenannte Pumpe kann am Eingang der Aufteilungseinrichtung angeschlossen sein.

Bevorzugt ist die Aufteilungseinrichtung stromabwärts hinter der zuvor erwähnten Absorptionseinrichtung vorgesehen.

Aus messtechnischen Erwägungen ist es von Vorteil, das Verhältnis in der Aufteilungseinrichtung so zu wählen, dass der aus dem ersten Ausgang der Aufteilungseinrichtung austretende Teilstrom im Wesentlichen dem in den Eingang der Konditionierungseinrichtung eingegebenen Probenahmestrom entspricht.

Zweckmäßigerweise kann die Aufteilungseinrichtung eine Anordnung aus Kapillaren aufweisen, die zur Einstellung eines gewünschten Aufteilungsverhältnisses austauschbar ist, wobei vorzugsweise eine erste Kapillare am ersten Ausgang und eine zweite Kapillare am zweiten Ausgang vorgesehen ist.

5

Am ersten Ausgang der Aufteilungseinrichtung kann ein an die Auswerteeinrichtung angeschlossener Massenstromsensor angeordnet sein, der vorzugsweise ein Heizelement zum Aufheizen des aus dem ersten Ausgang austretenden Teilmassenstromes mittels einer definierten Heizleistung und ein Messelement zur
10 Messung der Temperaturdifferenz aufweist.

Vorzugsweise ist stromaufwärts vor der Aerosolsensoranordnung mindestens ein Kühlelement zur Abkühlung des in die Aerosolsensoranordnung geleiteten Massenstromes vorgesehen. Das Kühlelement kann einen Abkühlbehälter aufweisen.

15

Bevorzugt enthält die Konditionierungseinrichtung das mindestens eine Kühlelement. Eine Weiterbildung dieser Ausführung zeichnet sich dadurch aus, dass die Konditionierungseinrichtung eine Probenahmelanze aufweist, die als Doppel- oder Mehrfachrohranordnung ausgebildet ist und mindestens ein erstes Rohr mit
20 einem Einlass zur Aufnahme des Probenahmestromes und einem zur Aerosolsensoranordnung führenden Auslass und ein neben dem ersten Rohr angeordnetes zweites Rohr aufweist, dessen Einlass in einem Abstand vom Einlass des ersten Rohres und bevorzugt in der Nähe des Auslasses des ersten Rohres angeordnet und an den zweiten Ausgang der Aufteilungseinrichtung angeschlossen
25 ist und dessen Auslass mit dem ersten Rohr benachbart zu dessen Einlass kommuniziert, so dass die Fließrichtung im zweiten Rohr entgegengesetzt zur Fließrichtung im ersten Rohr orientiert ist und die Probenahmelanze die Funktion eines nach dem Wärmetauscherprinzip arbeitenden Kühlelementes übernimmt. Zweckmäßigerweise umgibt das zweite Rohr zumindest abschnittsweise das
30 erste Rohr und sind insbesondere die beiden Rohre im Wesentlichen koaxial zueinander angeordnet.

Schließlich kann der zuvor erwähnte Abkühlbehälter bevorzugt zwischen dem Auslass des ersten Rohres der Probenahmelanze und der Aerosolsensoranordnung geschaltet sein.

5 Nachfolgend wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch nach Art eines Blockschaltbildes den Aufbau einer Vorrichtung zur Messung der Massenkonzentration von im Abgas von
10 Feststoffverbrennungsvorrichtungen vorhandenem Feinstaub gemäß einer bevorzugten Ausführung;

Fig. 2 schematisch in vergrößerter blockschaltbildartiger Darstellung eine Abgasprobenahme- und Konditionieranordnung, welche Teil der in
15 Fig. 1 gezeigten Vorrichtung ist;

Fig. 3 schematisch in vergrößerter Längsschnittansicht eine bevorzugte Ausführung eines Streulichtsensors, welcher in der in Figur 1 gezeigten Vorrichtung verwendet wird; und

20 Fig. 4 schematisch in vergrößerter blockschaltbildartiger Darstellung der Aufbau eines Photoemissionssensors, welcher bevorzugt in der in Figur 1 gezeigten Vorrichtung verwendet wird.

25 Im Folgenden wird anhand der Figuren 1 und 2 ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel für den mobilen Einsatz zur Messung der Feinstaubkonzentration in einem (in den Figuren nicht dargestellten) Abgasrohr von kleinen Holzverbrennungsvorrichtungen beschrieben. Die Messung erfolgt durch Probenahme aus dem heißen Abgasstrom. Aufgrund der Inkompatibilität der im beschriebenen Ausführungsbeispiel verwendeten opto-elektronischen Sensoren mit den teilweise sehr
30 hohen Abgastemperaturen (bis 700°C) und dem hohen Wassergehalt muss vor der Zuführung des Messgutes zu diesen Sensoren eine Konditionierung, d.h. Abkühlung und Entfeuchtung, der Abgasprobe erfolgen. Somit besteht das

Messsystem im dargestellten Ausführungsbeispiel aus zwei Komponenten, und zwar einer Abgasprobenahme- und Konditionieranordnung 2 und einer Messanordnung 4.

- 5 Den Geräteaufbau und den Messgasfluss zeigt Fig. 1. Die Abgasprobenahme- und Konditionieranordnung 2 weist eine Konditioniereinheit 6 auf, in der ein kleiner Probenahmestrom A aus heißem Abgas mit kälterer, trockener Luft B verdünnt wird. Die Verdünnung bewirkt eine Abkühlung der Abgasprobe sowie im beschriebenen Ausführungsbeispiel auch eine Herabsetzung des Wassertaupunkts von etwa 100°C im Rohabgas auf unter 30°C in einem entsprechend verdünnten Messgutstrom C. Dieser wird dann einer Aerosolsensoranordnung 8 zugeführt, welche einen Aerosolstreulichtsensor 10 und einen in Reihe stromabwärts liegenden Aerosolphotoemissionssensor 12 aufweist. Der Photoemissionssensor 12 enthält einen in der Figur 1 nicht dargestellten Partikelfilter, der alle
10 Partikel aus dem Messgut entfernt.
15

- Durch eine Absorptionsanordnung 14 erfolgt eine Absorption des Wasserdampfes sowie der gasförmigen Kohlenwasserstoffe und Säuren, wobei die Absorptionsanordnung 14 im dargestellten Ausführungsbeispiel eine mit Silikagel gefüllte
20 erste Kartusche 16 und eine hinter dieser stromabwärts in Reihe liegende und mit Aktivkohle gefüllte zweite Kartusche 18 aufweist.

- Die Ansaugung übernimmt eine Drehschieberpumpe 20. Druckseitig sind im dargestellten Ausführungsbeispiel zunächst ein Feinpartikelfilter 22 und stromabwärts von diesem eine Aufteilungseinrichtung vorgesehen, die den Massenstrom D gemäß einem angestrebten Verdünnungsverhältnis aufteilt. Im vorliegenden Beispiel wird der Förderstrom von 3,3 g/min aufgeteilt durch eine erste Kapillare 24 in einen ersten Teilstrom E von 0,3 g/min, welcher durch eine Auslassleitung 26 nach außen abgeblasen wird, und durch eine zweite Kapillare 28
30 in einen zweiten Teilstrom von 3,0 g/min, der in eine zur Konditioniereinheit 6 führenden Rückführleitung 30 geleitet wird und zur Verdünnung dient. In die Auslassleitung 26 ist ein Massenstromsensor 32 geschaltet. Der hier gemessene Teilstrom E (trockene Luft) entspricht im Wesentlichen genau dem aus dem

Abgasrohr eingangsseitig abgesaugten Probenahmemassenstrom A. Der Verdünnungsfaktor hat in diesem Beispiel den festen Wert 10. Durch Austausch der Kapillaren 24, 28 können auch andere Verdünnungsverhältnisse eingestellt werden.

5

Die Konditioniereinheit 6 ist im Detail vergrößert in Fig. 2 dargestellt. Die Messprobe wird über eine Probenahmelanze 34 dem heißen Abgas entnommen. Die Lanze 34 ist als Koaxialrohr aus hitze- und säurebeständigem Metall ausgebildet, welches einen inneren Mantel und einen äußeren Mantel aufweist. Der innere
10 Mantel bildet ein erstes Rohr 36, durch dessen Einlass 36a der Probenahmemassenstrom A eintritt. Der innere Mantel und der äußere Mantel begrenzen ein zweites Rohr 38, an dessen Eingang 38a die Rückführleitung 30 (Fig. 1) angeschlossen ist. Wie ferner Fig. 2 erkennen lässt, kommuniziert der Ausgang 38b des zweiten Rohrs 38 mit dem ersten Rohr 36 über zusätzliche Verbindungsöffnungen 36c im Bereich des Einlasses 36a, wo sich der Probenahmemassenstrom A mit dem über die Rückführleitung 30 herangeführten Verdünnungsstrom B
15 vermischt. Demnach wird durch das erste Rohr 36 in der Probenahmelanze 34 der Fördermassenstrom C (der größer ist als der Verdünnungsmassenstrom B) abgesaugt. Die Differenz wird dem Abgas als Probe entnommen. Die Vermischung des Probenahmemassenstroms A und des Verdünnungsmassenstroms B findet am vorderen Ende der Lanze 34 statt. Hier hat sich der Verdünnungsmassenstrom schon so weit erhitzt, dass es bei dem Mischprozess auch lokal nicht zu einer Wasserdampfübersättigung und -kondensation kommt.

25 Schließlich wird der Massenstrom C noch in einem Abkühlbehälter 40 auf niedrige Temperaturen abgekühlt, bevor er dann über eine Leitung 42 der Aerosolsensoranordnung 8 in der Messanordnung 4 zugeführt wird (Fig. 1).

Wie bereits erwähnt, weist die Aerosolsensoranordnung 8 einen Streulichtsensor
30 10 und einen Photoemissionssensor 12 auf.

Beim Streulichtsensor 10 beleuchtet das polarisierte Licht einer intensitätsstabilisierten Laserdiode ein durch den optischen Strahlengang definiertes Messvolumen. Das Streulicht aller Aerosolpartikeln, die sich in diesem Messvolumen befinden, wird unter einem Winkel von 90° von einem Halbleiterphotodetektor

5 erfasst. In Figur 3 ist in vergrößerter Längsschnittansicht eine bevorzugte Ausführung des Streulichtsensors 10 abgebildet, welche in der in Figur 1 gezeigten Vorrichtung verwendet wird und aus zwei Sensorabschnitten 10a und 10b besteht. Der erste Sensorabschnitt 10a weist eine erste Lichtquelle 10a1 in Form einer Laserdiode und einen ersten Photodetektor 10a2 auf, der gegenüber der

10 ersten Lichtquelle 10a1 diametral in Bezug auf den durch den Streulichtsensor 10 geleiteten Massenstrom C gegenüberliegt, welcher in Figur 3 im Querschnitt und somit rechtwinklig zur Bildbetrachtungsebene von Figur 3 verlaufend abgebildet und im dargestellten Ausführungsbeispiel von einer Luftstromhülle F umgeben ist. Ferner weist der erste Sensorabschnitt 10a im dargestellten Ausführungsbeispiel im Strahlengang noch eine Linse 10a3 auf, durch die der von der

15 ersten Lichtquelle 10a1 erzeugte Lichtstrahl L_a auf den ersten Photodetektor 10a2 fokussiert wird. Der zweite Sensorabschnitt 10b weist ebenfalls eine zweite Lichtquelle 10b1 und einen in Bezug auf den Massenstrom C diametral gegenüberliegenden zweiten Photodetektor 10b2 auf. Wie Figur 3 erkennen lässt, ist

20 dabei die gesamte Anordnung so getroffen, dass sich der von der ersten Lichtquelle 10a1 erzeugte erste Lichtstrahl L_a im Massenstrom C mit dem von der zweiten Lichtquelle 10b1 erzeugten zweiten Lichtstrahl L_b schneidet, wobei die Schnittfläche das Messvolumen V_c abbildet. Die Polarisationsrichtung ist bei dem einen Sensorabschnitt parallel zur optischen Ebene (aufgespannt durch den

25 Strahlengang des einfallenden Lichts und des zum Photodetektor gestreuten Lichts) und bei dem anderen Sensorabschnitt senkrecht dazu orientiert. Die Streulichtsignale stehen nach Verstärkung als Spannungssignal zur Verfügung. Das Signal ist direkt proportional zur Massenkonzentration des Aerosols im Messvolumen. Das zu messende Aerosol wird verlustfrei zentral durch die

30 Streulichtsensoren geleitet und steht dann der Vermessung durch den Photoemissionssensor 12 zur Verfügung.

Im Photoemissionssensor 12 werden die festen Aerosolpartikel durch eine UV-Lampe elektrisch geladen (Oberflächenionisation) und danach durch einen Filter in einem Faraday'schen Käfig abgeschieden. Die Ladung wird abgegeben, und es fließt ein geringer Strom, der elektrometrisch gemessen wird. Hinter dem Photoemissionssensor 12 ist die Messprobe dann partikelfrei.

Eine bevorzugte Konstruktion des im beschriebenen Ausführungsbeispiel verwendeten Photoemissionssensors 12 ist schematisch in Figur 4 gezeigt. Der dort dargestellte Photoemissionssensor 12 weist eine Photoemissionsanordnung 12a mit einer Beleuchtungskammer 12b auf. Durch einen Einlass 12c wird der vom Streulichtsensor 10 kommende Massenstrom C in die Beleuchtungskammer 12b geleitet und dort von einer Ultraviolettlampe 12d bestrahlt, bevor er die Beleuchtungskammer 12b durch einen Auslass 12e verlässt. Stromabwärts von dem Auslass 12e der Beleuchtungskammer 12b wird der Massenstrom C durch eine Elektronen-Absaug-Elektrode 12f geleitet. Anschließend wird der Massenstrom C in eine nachgeschaltete Filteranordnung 44 befördert, die einen Messfilter 44a, in den der Massenstrom zunächst gelangt, einen sich an den Messfilter 44a anschließenden Ladungsverstärker 44b und ein Elektrometer 44c aufweist. Am Ladungsverstärker 44b ist ein Auslass 44d vorgesehen, durch den der dann partikel-freie Massenstrom C in eine zur Absorptionsanordnung 14 (Fig.1) führende Leitung 44e eintritt, in welcher sich eine Pumpe 44f befindet.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 4 sind die Photoemissionsanordnung 12a und die Filteranordnung 44 Teil eines Photoemissionssensors 12, der somit eine gemeinsame Einheit bildet. Alternativ ist es aber auch denkbar, die Filteranordnung 44 als eigenständige Einheit zu verwenden, die dem Photoemissionssensor nachgeschaltet ist, welcher in einem solchen Fall nur von der Photoemissionsanordnung 12a gebildet wird.

Wie Fig. 1 ferner erkennen lässt, sind die Sensoren 10, 12 und 32 an einer Auswerteeinheit 50 angeschlossen, in der die Signale von den Sensoren verarbeitet werden.

Die Photoemission beruht auf der Anlagerung von PAK an die Aerosoloberfläche. Für die Menge, m_i der ionisierbaren, das Signal bestimmenden, angelagerten Substanz ergibt sich:

$$5 \quad m_i = \int_0^{\infty} dx \, x^{\eta} n(x)$$

wobei x die Größe eines Partikels und $n(x)$ die Anzahlgrößenverteilung des Aerosols ist und der Exponent η je nach Partikelgröße Werte zwischen 1 und 2 annehmen kann. Für die Empfindlichkeit, E_{APE} des Photoemissionssignals bezogen
 10 auf die Massenkonzentration

$$E_{APE} = \frac{\int_0^{\infty} dx \, x^{\eta} n(x)}{\int_0^{\infty} dx \, x^3 n(x)} \quad (1 < \eta < 2)$$

ergibt sich also eine Zunahme mit abnehmender mittlerer Partikelgröße, $\bar{x}$, des
 15 Abgasaerosols

$$E_{APE} \approx \frac{1}{\bar{x}^{3-\eta}}, \quad (3-\eta > 0).$$

Beim Streulichtmessverfahren steigt für Partikeln im Bereich der sog. Rayleigh-Streuung und dem unmittelbar benachbarten Mie-Streubereich das Intensitäts-
 20 signal

$$I_{ASP} = \int_0^{\infty} dx \, x^{\kappa} n(x) \quad (\kappa \cong 6),$$

mit zunehmendem Partikeldurchmesser viel stärker an als die Partikelmasse, so dass die massebezogene Streulichtempfindlichkeit mit abnehmender mittlerer Partikelgröße abnimmt:

$$5 \quad E_{ASP} \approx \bar{x}^{\kappa-3}, \quad (\kappa-3 > 0).$$

Durch Ausnutzung der Signale von beiden Sensoren 10, 12 ist insbesondere bei der linearen Überlagerung

$$E_R = A_1 E_{APE} + A_2 E_{ASP}$$

10

zu erwarten, dass die gegenläufigen Charakteristiken der Sensitivität bei Variation des mittleren Partikeldurchmessers die Etablierung einer einheitlichen Umrechnungsprozedur erlauben und die daraus ermittelten Kalibrierparameter dann nicht mehr stark von der Größenverteilung des Messgutes abhängen. Dabei bilden A_1 und A_2 aus Messungen unter Verwendung von Referenzwerten zu
 15 ermittelnde Steigungskoeffizienten oder proportionale Koeffizienten für eine Umrechnung der Spannungssignale von den Sensoren 10, 12 (beispielsweise wurden bei Untersuchungen an unterschiedlichen Holzöfen unter Verwendung verschiedener Brennstoffe und bei verschiedenen Abbrandsituationen für die
 20 Umrechnung der Spannungssignale von den Sensoren 10, 12 die Werte $A_1 = 8 \text{ mg/m}^3/\text{V}$ und $A_2 = 61 \text{ mg/m}_3/\text{V}$ verwendet, wobei in diesem Zusammenhang ausdrücklich betont sei, dass auch die Verwendung von anderen geeigneten Werten für A_1 und A_2 , insbesondere in Abhängigkeit von den spezifischen Messsituationen, ohne weiteres denkbar ist). Damit kann dann auf eindeutige Weise
 25 eine für Holzverbrennungsprozesse allgemein gültige Zuordnung des Rechenwertes aus den elektrischen Signalen von den Sensoren 10, 12 zur Aerosolmassenkonzentration getroffen werden.

Diese Überlegungen gelten insbesondere, wenn die Partikel im Abgas kleiner als etwa 1 µm sind, was bei den Holzfeuerungen wie insgesamt bei Verbrennungsrauchen auch im Wesentlichen der Fall ist.

- 5 Eine zusätzliche, grobe Information über die Partikelgröße insbesondere im Partikelgrößenbereich < 0,2 µm erhält man, wenn bei der Aerosolphotometrie das Streulicht hinsichtlich seiner Polarisationsrichtung relativ zur optischen Ebene unterschieden wird. Das Intensitätsverhältnis von senkrecht zu parallel polarisiertem Licht ist in diesem Partikelgrößenbereich stark von der Partikelgröße
10 abhängig. Für einen Streuwinkel von 90° gilt:

$$\Gamma_{pol} = \frac{I_{ASP,H}}{I_{ASP,L}} = \begin{cases} 0 & \text{für } \bar{x} \ll \lambda \\ 1 & \text{für } \bar{x} \gg \lambda \end{cases}$$

wobei λ die Wellenlänge des Streulichts bedeutet.

15

Die Funktion des Massenstromsensors 32 beruht auf der Messung der Temperaturdifferenz, die beim Aufheizen des Massenstroms E durch eine definierte Heizleistung erzielt wird.

20

Ansprüche

1. Vorrichtung zur Messung der Massenkonzentration von im Abgas von Feststoffverbrennungsvorrichtungen vorhandenem Feinstaub, mit mindestens einer Aerosolsensoranordnung (8) und einer Auswerteeinrichtung (50),
5 an die die Aerosolsensoranordnung (8) angeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Aerosolsensoranordnung (8) mindestens zwei Sensoren (10, 12) aufweist, von denen der eine Sensor (10) mindestens ein Aerosolstreulichtsensor und der andere Sensor (12) mindestens ein Aerosolfotoemissionssensor ist, und die Auswerteeinrichtung (50) die
10 Signale von den Sensoren (10, 12) der Aerosolsensoranordnung (8) zur Ermittlung der Massenkonzentration im Wesentlichen gleichzeitig verwendet und auswertet.
- 15 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoren (10, 12) der Aerosolsensoranordnung (8) in Reihe hintereinander geschaltet sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Aerosolfotoemissionssensor (12) stromabwärts hinter dem mindestens einen Aerosolstreulichtsensor (10) angeordnet ist.
20
4. Vorrichtung nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, gekennzeichnet durch einen Partikelfilter (44).
25
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Partikelfilter stromabwärts hinter der Aerosolanordnung vorgesehen ist.
6. Vorrichtung nach den Ansprüchen 2 und 4, dadurch gekennzeichnet, dass
30 der stromabwärts letzte Sensor (12) der Aerosolsensoranordnung (8) zusätzlich den Partikelfilter (44) aufweist.

7. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Partikelfilter (44) eine Ionisierungseinrichtung (12d), vorzugsweise eine Ultraviolettlampe, zur Oberflächenionisation der Partikel
5 und eine elektrisch entgegengesetzt geladene Partikel auffangeinrichtung (44b), vorzugsweise ein Faraday'scher Käfig, zum Auffangen und Abscheiden der Partikel aufweist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens
10 ein Aerosolfotoemissionssensor (12) den Partikelfilter (44) sowie eine Lichtquelle (12d) aufweist, die gleichzeitig als Ionisationseinrichtung vorgesehen ist.
9. Vorrichtung nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,
15 dadurch gekennzeichnet, dass die Aerosolsensoranordnung zwei Aerosolstreulichtsensoren (10a, 10b) aufweist, deren Polarisationsrichtungen etwa rechtwinklig zueinander orientiert sind, wobei vorzugsweise die Polarisationsrichtung des einen Aerosolstreulichtsensors etwa parallel zur optischen Ebene, die durch den Strahlengang des von einer Lichtquelle einfallenden
20 Lichtes und den Strahlengang des zu einem Detektor gestreuten Lichtes aufgespannt ist, orientiert ist.
10. Vorrichtung nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung (50) Mittel zur, vorzugsweise linearen, Überlagerung der Signale von den Sensoren (10, 12)
25 der Aerosolsensoranordnung (8) aufweist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Überlagerung mindestens einen Addierer aufweisen.
30
12. Vorrichtung nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass stromabwärts hinter der Aerosolsensor-

anordnung (8) eine, vorzugsweise Silikagel enthaltende, Wärmedampfabsorptionseinrichtung (16) vorgesehen ist.

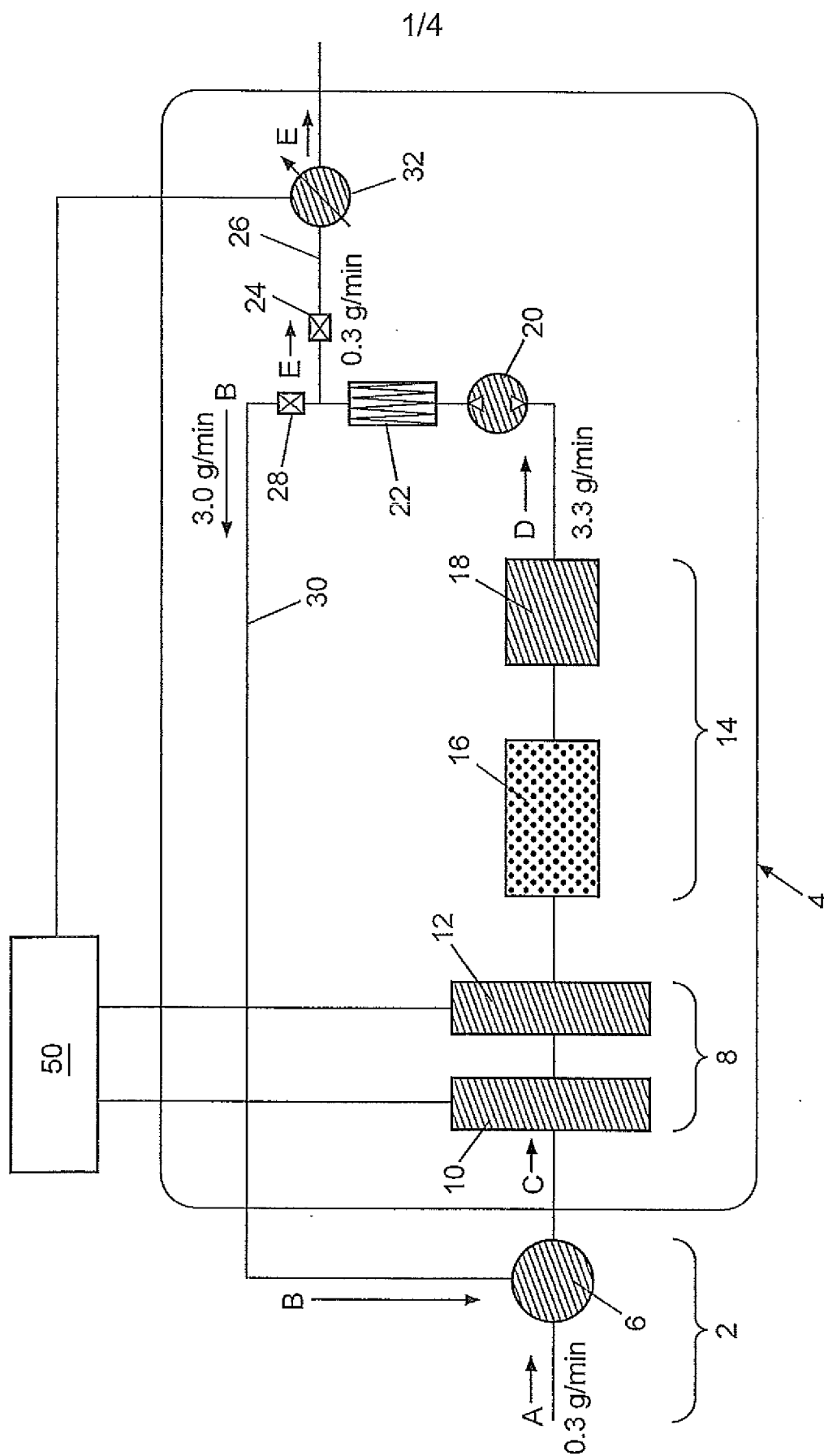
- 5 13. Vorrichtung nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass stromabwärts hinter der Aerosolsensoranordnung (8) eine, vorzugsweise Aktivkohle enthaltende, Absorptionseinrichtung (18) zur Absorption von gasförmigen Kohlenwasserstoffen und/oder Säuren vorgesehen ist.
- 10 14. Vorrichtung nach den Ansprüchen 12 und 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Absorptionseinrichtung (18) zur Absorption von gasförmigen Kohlenwasserstoffen und/oder Säuren stromabwärts hinter der Wasserdampfabsorptionseinrichtung (16) vorgesehen ist.
- 15 15. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Absorptionseinrichtung (16, 18) mindestens eine Kartusche aufweist oder aus mindestens einer Kartusche besteht.
- 20 16. Vorrichtung nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, gekennzeichnet durch eine stromabwärts von der Aerosolsensoranordnung (8) vorgesehene Pumpe (20).
- 25 17. Vorrichtung nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass stromaufwärts vor der Aerosolsensoranordnung (8) eine Konditionierungseinrichtung (6), die einen ersten Eingang (36a) zur Aufnahme eines Probenahmestromes (A), einen zweiten Eingang (38a) und einen zur Aerosolsensoranordnung (8) führenden Ausgang (36b) aufweist, und stromabwärts hinter der Aerosolsensoranordnung (8) eine Aufteilungseinrichtung (24, 28), die einen mit dem Ausgang der Aerosolsensoranordnung (8) verbundenen Eingang, einen ersten in die Umgebung führenden Ausgang (26) und einen zum zweiten Eingang (38a) der Konditionierungseinrichtung (6) führenden zweiten Ausgang (30) aufweist, vorgesehen ist, wobei die Aufteilungseinrichtung (24, 28) den Massestrom (D) in einem vorgegebenen Verhältnis auf ihre beiden Ausgänge (26, 30) verteilt.
- 30

18. Vorrichtung nach den Ansprüchen 16 und 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpe (20) an dem Eingang der Aufteilungseinrichtung (24, 28) angeschlossen ist.
- 5
19. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14 sowie nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufteilungseinrichtung (24, 28) stromabwärts hinter der Absorptionseinrichtung (8) vorgesehen ist.
- 10
20. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis in der Aufteilungseinrichtung (24, 28) so gewählt ist, dass der aus dem ersten Ausgang (26) der Aufteilungseinrichtung austretende Teilstrom (E) im Wesentlichen dem in den Eingang (36a) der Konditionierungseinrichtung (6) eingegebenen Probenahmestrom (A) entspricht.
- 15
21. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufteilungseinrichtung eine Anordnung aus Kapillaren aufweist, die zur Einstellung eines gewünschten Aufteilungsverhältnisses austauschbar sind, wobei vorzugsweise eine erste Kapillare (24) am ersten Ausgang und eine zweite Kapillare (28) am zweiten Ausgang (30) vorgesehen ist.
- 20
22. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass am ersten Ausgang (26) der Aufteilungseinrichtung (24, 28) ein an die Auswerteeinrichtung (50) angeschlossener Massensensorsensor (32) angeordnet ist, der vorzugsweise ein Heizelement zum Aufheizen des aus dem ersten Ausgang (26) austretenden Teilmassenstromes (E) mittels einer definierten Heizleistung und ein Messelement zur Messung der Temperaturdifferenz aufweist.
- 25
- 30
23. Vorrichtung nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass stromaufwärts vor der Aerosolsensoranord-

nung (8) mindestens ein Kühlelement zur Abkühlung des in die Aerosolsensoranordnung (8) geleiteten Massestromes (C) vorgesehen ist.

24. Vorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass das Kühlelement einen Abkühlbehälter (40) aufweist.
25. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 17 bis 22 sowie nach Anspruch 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Konditionierungseinrichtung (6) das mindestens eine Kühlelement aufweist.
26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Konditionierungseinrichtung (8) eine Probenahmelanze (34) aufweist, die als Doppel- oder Mehrfachrohranordnung (36, 38) ausgebildet ist und mindestens ein erstes Rohr (36) mit einem Einlass (36a) zur Aufnahme des Probenahmestromes (A) und einem zur Aerosolsensoranordnung (8) führenden Auslass (36b) und ein neben dem ersten Rohr (36) angeordnetes zweites Rohr (38) aufweist, dessen Einlass (38a) in einem Abstand vom Einlass (36a) des ersten Rohres (36) und bevorzugt in der Nähe des Auslasses (36b) des ersten Rohres (36) angeordnet und an den zweiten Ausgang der Aufteilungseinrichtung (24, 28) angeschlossen ist und dessen Auslass (38b) mit dem ersten Rohr (36) benachbart zu dessen Einlass (36a) kommuniziert, so dass die Fließrichtung im zweiten Rohr (38) entgegengesetzt zur Fließrichtung im ersten Rohr (36) orientiert ist und die Probenahmelanze (34) die Funktion eines nach dem Wärmetauscherprinzip arbeitenden Kühlelementes übernimmt.
27. Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Rohr (38) zumindest abschnittsweise das erste Rohr (36) umgibt.
28. Vorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Rohr (36) und das zweite Rohr (38) im Wesentlichen coaxial zueinander angeordnet sind.

29. Vorrichtung nach Anspruch 25 sowie nach mindestens einem der Ansprüche 26 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass der Abkühlbehälter (40) zwischen dem Auslass (36b) des ersten Rohres (36) der Probenahmelanze (34) und der Aerosolsensoranordnung (8) geschaltet ist.



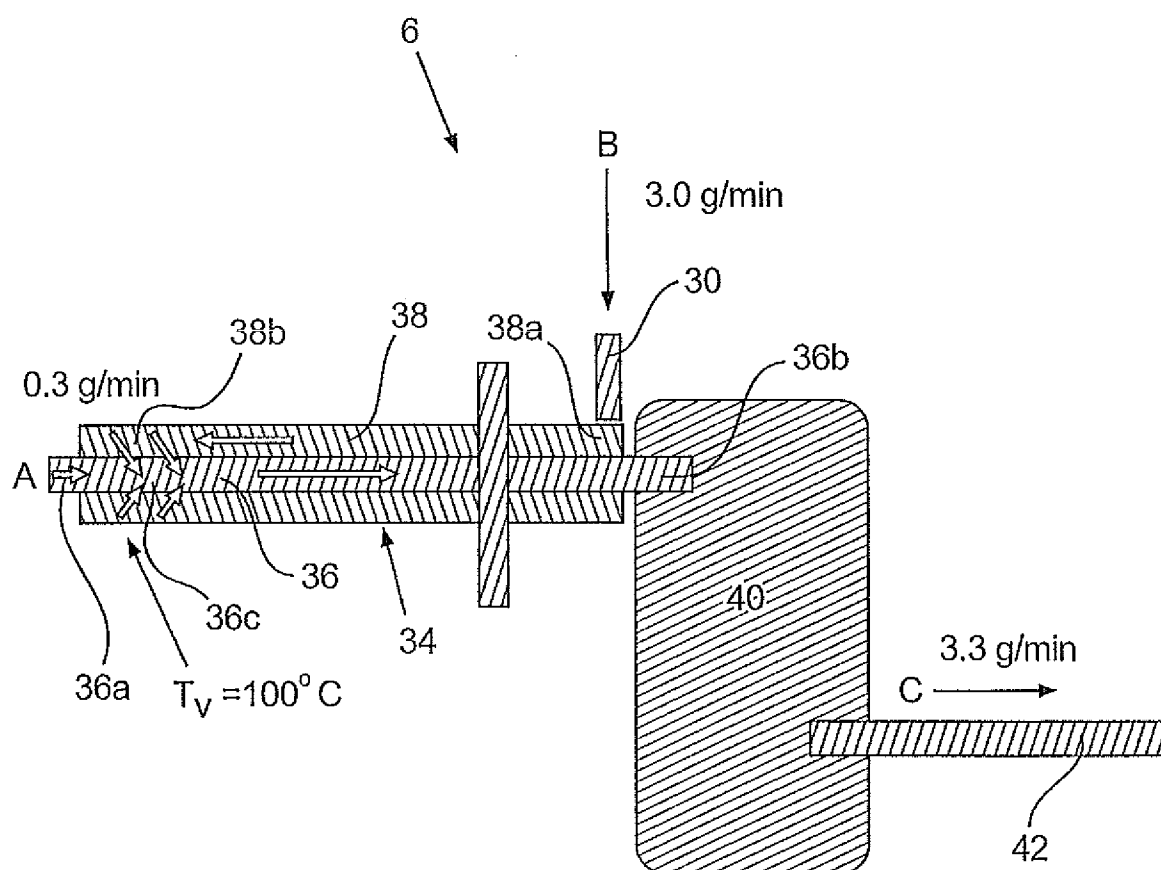


Fig. 2

3/4

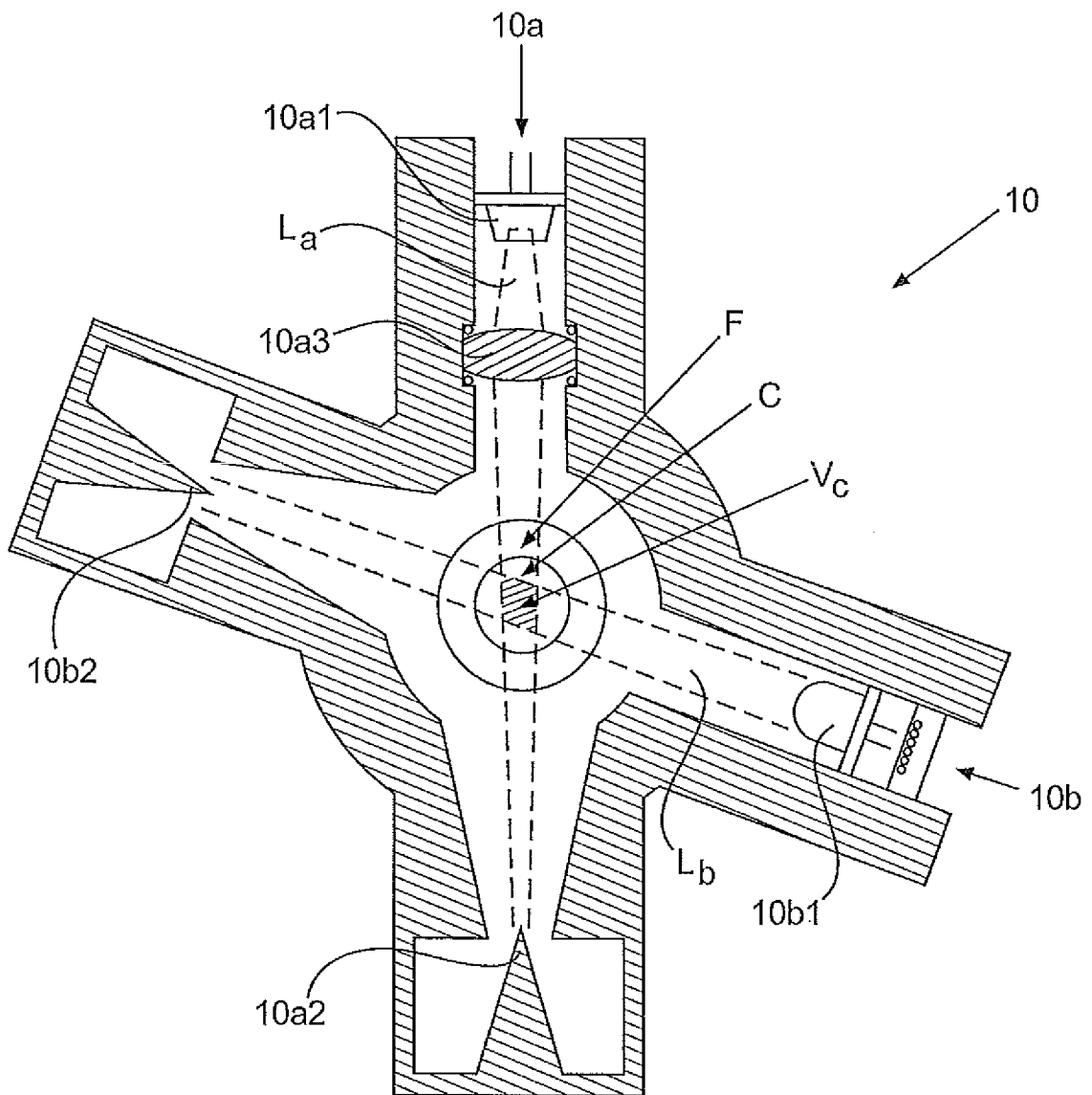


Fig. 3

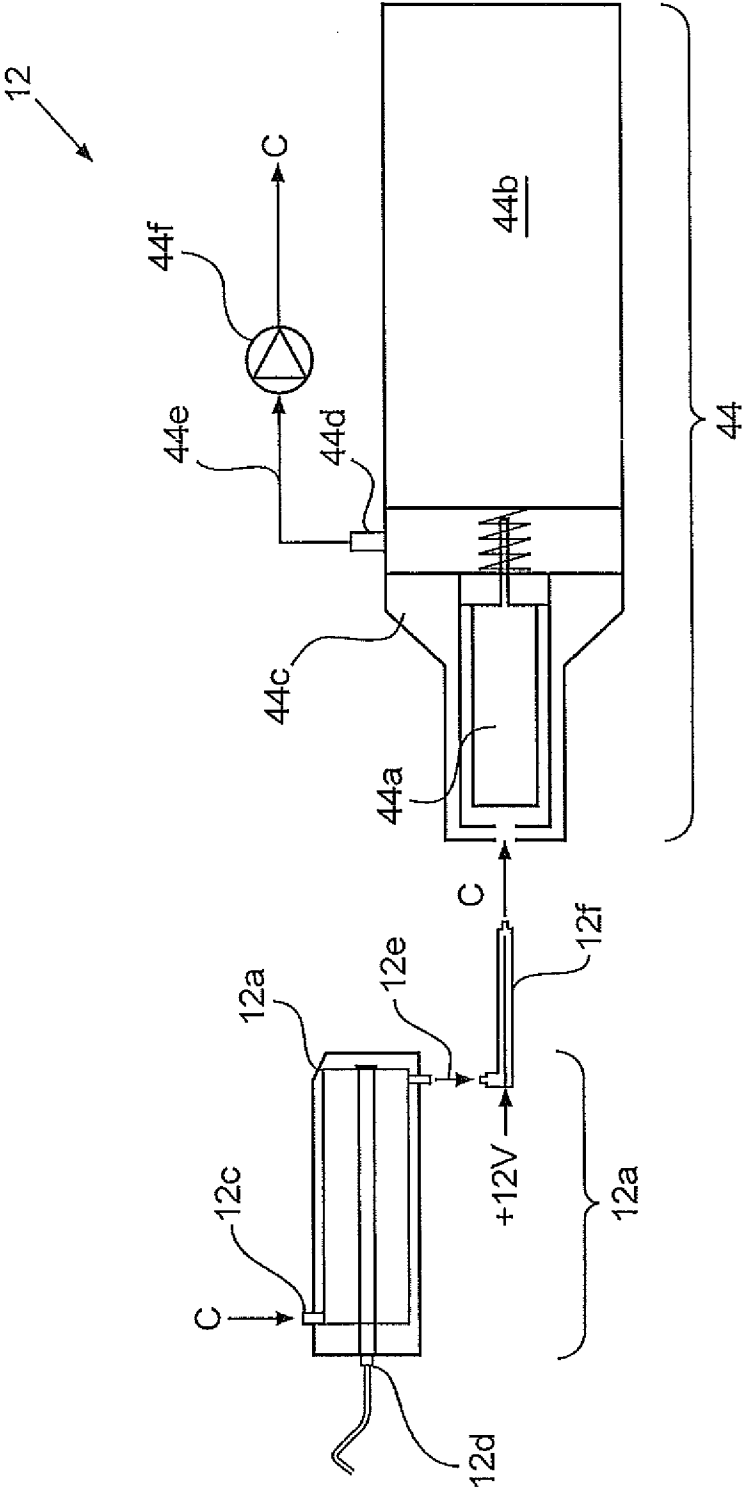


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2010/066890

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01N15/06 G01N1/22 G01N21/53 F23N5/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N F23N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	WO 2007/000710 A2 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; MARRA JOHAN [NL]) 4 January 2007 (2007-01-04) page 8, line 9 - line 26; figures 3-7 page 9, line 31 - page 10, line 10 page 13, line 31 - page 14, line 29 -----	1,4,5,7, 8,12-16, 18-29 2,3,6 10,17
X A	US 3 854 045 A (BREUER H ET AL) 10 December 1974 (1974-12-10) column 1, line 13 - line 22 column 1, line 63 - column 2, line 2 column 2, line 56 - column 5, line 11; figures 1,3,4 ----- -/-	1,9-16, 18-29 2-8,17

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 March 2011

Date of mailing of the international search report

14/03/2011

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Eidmann, Gunnar

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2010/066890

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 103 07 805 A1 (MSP CORP [US]) 23 October 2003 (2003-10-23)	1,4,5, 12-16, 18-29
A	paragraphs [0019], [0025], [0033] - [0040], [0059], [0068], [0069]; figures 1,1A	2,3,6-8, 10,11,17
Y	----- US 6 965 240 B1 (LITTON CHARLES D [US] ET AL) 15 November 2005 (2005-11-15)	2,3,6
A	column 4, line 14 - line 39 column 14, line 26 - column 15, line 50; figure 7	1,4,5,7, 8,10,11, 17
X	----- US 5 621 208 A (POURPRIX MICHEL [FR]) 15 April 1997 (1997-04-15)	1-7, 12-29
A	column 1, line 5 - line 10 column 4, line 43 - line 45 column 8, line 42 - column 9, line 18; figure 10 column 10, line 20 - line 36	8,10,11
A	----- US 5 745 293 A (LASSALLE MARTINE [FR]) 28 April 1998 (1998-04-28)	9
A	column 2, line 56 - line 58; figure 1	
A	----- US 2003/210465 A1 (VALENTI THOMAS J [US]) 13 November 2003 (2003-11-13)	9
	paragraph [0003]; figure 1A -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/066890

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2007000710 A2	04-01-2007	CN 101208592 A EP 1924836 A2 JP 2008544294 T US 2010043527 A1	25-06-2008 28-05-2008 04-12-2008 25-02-2010
US 3854045 A	10-12-1974	NONE	
DE 10307805 A1	23-10-2003	GB 2390678 A US 6639671 B1	14-01-2004 28-10-2003
US 6965240 B1	15-11-2005	NONE	
US 5621208 A	15-04-1997	AT 222359 T DE 69527748 D1 DE 69527748 T2 EP 0685727 A1 FR 2720506 A1 JP 7318477 A	15-08-2002 19-09-2002 30-04-2003 06-12-1995 01-12-1995 08-12-1995
US 5745293 A	28-04-1998	BR 9604128 A CA 2184207 A1 EP 0760486 A1 FR 2738355 A1 IL 118991 A JP 9189879 A NO 963565 A	26-05-1998 01-03-1997 05-03-1997 07-03-1997 06-12-2000 22-07-1997 03-03-1997
US 2003210465 A1	13-11-2003	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/066890

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G01N15/06 G01N1/22 G01N21/53 F23N5/00
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherhierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G01N F23N

Recherhierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherhierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y A	WO 2007/000710 A2 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; MARRA JOHAN [NL]) 4. Januar 2007 (2007-01-04) Seite 8, Zeile 9 - Zeile 26; Abbildungen 3-7 Seite 9, Zeile 31 - Seite 10, Zeile 10 Seite 13, Zeile 31 - Seite 14, Zeile 29 -----	1,4,5,7, 8,12-16, 18-29 2,3,6 10,17
X A	US 3 854 045 A (BREUER H ET AL) 10. Dezember 1974 (1974-12-10) Spalte 1, Zeile 13 - Zeile 22 Spalte 1, Zeile 63 - Spalte 2, Zeile 2 Spalte 2, Zeile 56 - Spalte 5, Zeile 11; Abbildungen 1,3,4 ----- -/-	1,9-16, 18-29 2-8,17

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. März 2011

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

14/03/2011

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Eidmann, Gunnar

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/066890

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 103 07 805 A1 (MSP CORP [US]) 23. Oktober 2003 (2003-10-23)	1,4,5, 12-16, 18-29
A	Absätze [0019], [0025], [0033] - [0040], [0059], [0068], [0069]; Abbildungen 1,1A -----	2,3,6-8, 10,11,17
Y	US 6 965 240 B1 (LITTON CHARLES D [US] ET AL) 15. November 2005 (2005-11-15)	2,3,6
A	Spalte 4, Zeile 14 - Zeile 39 Spalte 14, Zeile 26 - Spalte 15, Zeile 50; Abbildung 7 -----	1,4,5,7, 8,10,11, 17
X	US 5 621 208 A (POURPRIX MICHEL [FR]) 15. April 1997 (1997-04-15)	1-7, 12-29
A	Spalte 1, Zeile 5 - Zeile 10 Spalte 4, Zeile 43 - Zeile 45 Spalte 8, Zeile 42 - Spalte 9, Zeile 18; Abbildung 10 Spalte 10, Zeile 20 - Zeile 36 -----	8,10,11
A	US 5 745 293 A (LASSALLE MARTINE [FR]) 28. April 1998 (1998-04-28)	9
A	Spalte 2, Zeile 56 - Zeile 58; Abbildung 1 -----	
A	US 2003/210465 A1 (VALENTI THOMAS J [US]) 13. November 2003 (2003-11-13)	9
	Absatz [0003]; Abbildung 1A -----	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/066890

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2007000710 A2	04-01-2007	CN 101208592 A	25-06-2008
		EP 1924836 A2	28-05-2008
		JP 2008544294 T	04-12-2008
		US 2010043527 A1	25-02-2010

US 3854045 A	10-12-1974	KEINE	

DE 10307805 A1	23-10-2003	GB 2390678 A	14-01-2004
		US 6639671 B1	28-10-2003

US 6965240 B1	15-11-2005	KEINE	

US 5621208 A	15-04-1997	AT 222359 T	15-08-2002
		DE 69527748 D1	19-09-2002
		DE 69527748 T2	30-04-2003
		EP 0685727 A1	06-12-1995
		FR 2720506 A1	01-12-1995
		JP 7318477 A	08-12-1995

US 5745293 A	28-04-1998	BR 9604128 A	26-05-1998
		CA 2184207 A1	01-03-1997
		EP 0760486 A1	05-03-1997
		FR 2738355 A1	07-03-1997
		IL 118991 A	06-12-2000
		JP 9189879 A	22-07-1997
		NO 963565 A	03-03-1997

US 2003210465 A1	13-11-2003	KEINE	
